

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-246287

(P2002-246287A)

(43) 公開日 平成14年8月30日 (2002.8.30)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/22

H 0 1 L 21/68

F I

G 0 3 F 7/22

H 0 1 L 21/68

21/30

テーマコード(参考)

H 5 F 0 3 1

F 5 F 0 4 6

A

5 2 5 W

5 2 5 X

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願2001-39757 (P2001-39757)

(22) 出願日

平成13年2月16日 (2001.2.16)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 白石 直正

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100098165

弁理士 大森 聡

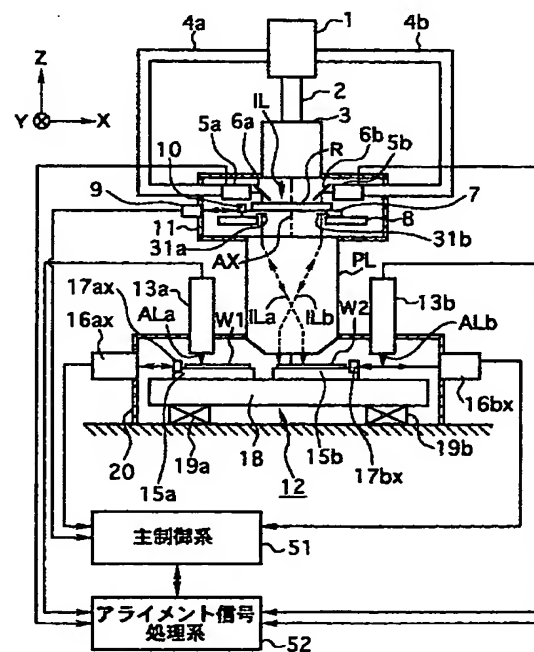
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光方法及び装置、並びにデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 複数のウェハステージと、複数のアライメントセンサとを用いて露光を行う場合に、露光開始前の準備時間を短縮して、生産性を向上させる。

【解決手段】 ウェハベース18上に2台のウェハステージ15a、15bを移動自在に載置して、レチクルRのパターンを投影する投影光学系PLを挟むように2つのアライメントセンサ13a、13bを配置し、レチクルRの上方にレチクルR及び投影光学系PLを介して被検マークを検出するレチクルアライメント顕微鏡5a、5bを配置する。アライメントセンサ13a、13bの位置検出誤差をレチクルアライメント顕微鏡5aを用いて計測しておき、一方のウェハステージ15a (又は15b) で露光を行う際に、他方のウェハステージ15b (又は15a) ではアライメントセンサ13b (又は13a) を用いてウェハのアライメントを行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光ビームによって複数の物体を順次露光する露光方法において、

互いに異なる位置に配置されてそれぞれ前記物体上のマークの位置を検出する複数の第1のマーク検出系と、前記複数の第1のマーク検出系とは異なる位置に配置された第2のマーク検出系とを用意し、前記第2のマーク検出系を用いて前記複数の第1のマーク検出系の位置検出誤差を求める第1工程と、前記複数の第1のマーク検出系を用いて前記複数の物体上のマークの位置を検出し、該検出結果を前記第1工程で求めた位置検出誤差で補正する第2工程と、該第2工程で得られた位置情報に基づいて順次前記複数の物体の位置合わせを行いつつ、前記複数の物体を順次露光する第3工程とを有することを特徴とする露光方法。

【請求項2】 前記複数の物体の先頭から所定数の物体を用いて、前記第1工程において前記複数の第1のマーク検出系の位置検出誤差を求めることを特徴とする請求項1に記載の露光方法。

【請求項3】 露光ビームによって複数の物体を順次露光する露光装置において、それぞれ前記物体の位置決めを行う複数の可動ステージと、前記複数の可動ステージに対応して配置されてそれぞれ前記物体上のマークの位置を検出する複数の第1のマーク検出系と、前記複数の第1のマーク検出系とは異なる位置に配置された第2のマーク検出系と、前記第2のマーク検出系の検出結果に基づいて前記複数の第1のマーク検出系の位置検出誤差を求め、該位置検出誤差で前記複数の第1のマーク検出系の検出結果を補正する演算系とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項4】 前記可動ステージに対して前記物体の着脱を行うロード部を、前記複数の可動ステージのそれぞれに対応して複数個設けたことを特徴とする請求項3に記載の露光装置。

【請求項5】 前記複数の第1のマーク検出系は、波長が500nm以上の光を用いて被検マークを検出することを特徴とする請求項3又は4に記載の露光装置。

【請求項6】 マスクを通過した露光ビームを用いて前記複数の可動ステージ上の物体を順次露光する共通の投影光学系を有し、前記第2のマーク検出系は、前記投影光学系の少なくとも一部を使用することを特徴とする請求項3、4、又は5に記載の露光装置。

【請求項7】 前記第2のマーク検出系は、前記マスク上のマークと前記物体上のマークとを前記投影光学系を介して同時に検出することを特徴とする請求項6に記載の露光装置。

【請求項8】 前記第2のマーク検出系は、前記露光ビームと実質的に同一波長の光を用いて被検マークを検出することを特徴とする請求項6又は7に記載の露光装置。

【請求項9】 マスクを通過した露光ビームを用いて前記複数の可動ステージ上の物体を順次露光する共通の投影光学系を有し、前記第2のマーク検出系は、前記投影光学系の近傍に配置されて、前記投影光学系を介することなく被検マークを検出することを特徴とする請求項3、4、又は5に記載の露光装置。

【請求項10】 請求項1又は2に記載の露光方法を用いてデバイスパターンをワークピース上に転写する工程を有するデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体素子、撮像素子（CCD等）、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等の各種デバイスを製造するためのフォトリソグラフィ工程で、マスクパターンを感光基板上に転写するために使用される露光方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路、液晶ディスプレイ等の電子デバイスの微細パターンを形成するためのフォトリソグラフィ工程では、形成すべきパターンを4～5倍程度に比例拡大して描画したマスクとしてのレチクル（又はフォトマスク等）のパターンを、一括露光方式又は走査露光方式の投影露光装置を用いて被露光基板としてのウエハ（又はガラスプレート等）上に縮小転写する方法が用いられている。例えば半導体集積回路の製造においては、ウエハ上に数十層に亘って相互に所定の位置関係を保って微細パターンを形成するため、投影露光装置を用いてウエハ上の2層目以降のレイヤにパターンを転写する際には、その下のレイヤに形成されているパターンとこれから露光するパターンとの位置合わせ（アライメント）を高精度に行う必要がある。

【0003】このため、投影露光装置にはウエハ上の各ショット領域に付設されているアライメントマーク（ウエハマーク）の位置を正確に検出するためのウエハ用のアライメントセンサが装備されており、投影露光装置ではそのアライメントセンサの検出結果に基づいて、ウエハ上の各ショット領域に形成されている既存パターンに正確に重なるように、新たなレチクルのパターンを露光転写する。超LSI等の集積度が向上するにつれて、複数のレイヤ間の重ね合わせ誤差の許容値は益々小さくなっており、アライメントセンサにも極めて高い検出精度が要求されるようになってきている。

【0004】アライメントセンサには各種の検出方式があるが、顕微鏡と同様に被検マークの拡大像を形成し、その像の撮像信号を用いて被検マークの位置を検出する

F I A (Field Image Alignment) 方式のような撮像方式が現在の主流となっている。F I A 方式では、ウエハ上に塗布されたフォトリソ（感光材料）を感光させないために、被検マークを検出するための照明光（アライメント光）として波長 500 nm 以上の比較的長波長の光が使用される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記の如く高い重ね合わせ精度を得るために、投影露光装置には高精度のウエハ用のアライメントセンサが装備されている。最近では、重ね合わせ精度を高めるばかりではなく、半導体素子等の低価格化に伴い、投影露光装置のスループット（処理能力）向上に対する要求はとどまるところを知らない。即ち、かつては、直径 127 mm のウエハに対するスループットは 1 時間当たり 60 枚前後であったものが、現在は、直径 200～300 mm のウエハに対して、1 時間当たり 100 枚以上のスループットが要求されている。

【0006】このような高スループットを実現するためには、ウエハを載置するステージ（ウエハステージ）を、互いに独立に駆動可能な状態で 2 台設けてダブル・ステージ方式として、ウエハステージ上のウエハの交換、ウエハ上のアライメントマークの位置検出、及びウエハへのレチクルのパターンの露光といった一連の動作について、2 台のウエハステージ上のウエハを同時に並列に処理することが望ましい。更に、より効率的にこれらの動作を並列に実行するためには、上記の 2 台のウエハステージに対応させて、アライメントセンサも 2 個備えることがより望ましい。これによって、一方のウエハステージ上のウエハを、投影光学系の直下で露光している間に、他方のウエハステージ上のウエハの交換、及びアライメントマークの検出（アライメント）を行なうことができ、スループットの大幅な向上が可能になる。

【0007】しかしながら、このようにダブル・ステージ方式で 2 個のアライメントセンサを備えた場合には、双方のアライメントセンサ間の相対的な位置検出誤差が、重ね合わせ精度（位置合わせ精度）を劣化させることになる。従来も、アライメントセンサに起因する重ね合わせ誤差は存在したが、例えばテスト露光を行なうことでその誤差量を計測し、この計測結果に基づいて補正することが可能であった。しかし、アライメントセンサが 2 個の場合に単にテスト露光方式を適用すると、双方のセンサを使用してのテスト露光が必要となり、実際の露光の開始前に必要となる準備時間が増大し、露光時のスループットが向上しても、半導体素子等を製造するための工程全体としての生産性がそれ程向上しなくなる恐れがある。

【0008】本発明は、斯かる点に鑑み、露光対象の物体をそれぞれ位置決めする複数の可動ステージと、これに対応した複数のマーク検出系（アライメントセンサ）

とを用いて露光を行う場合に、露光開始前の準備時間を短縮でき、半導体素子等のデバイスを全体として高い生産性で製造できる露光技術を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明による露光方法は、露光ビームによって複数の物体（W1, W2）を順次露光する露光方法において、互いに異なる位置に配置されてそれぞれその物体上のマークの位置を検出する複数の第 1 のマーク検出系（13a, 13b）と、その複数の第 1 のマーク検出系とは異なる位置に配置された第 2 のマーク検出系（5a）とを用い、その第 2 のマーク検出系を用いてその複数の第 1 のマーク検出系の位置検出誤差を求める第 1 工程と、その複数の第 1 のマーク検出系を用いてその複数の物体上のマーク（33x, 33y）の位置を検出し、この検出結果をその第 1 工程で求めた位置検出誤差で補正する第 2 工程と、この第 2 工程で得られた位置情報に基づいて順次その複数の物体の位置合わせを行いつつ、その複数の物体を順次露光する第 3 工程とを有するものである。

【0010】斯かる本発明によれば、その第 2 のマーク検出系によって、例えばその複数の第 1 のマーク検出系により位置検出された物体上の位置検出用のマークを検出し、この検出結果を処理することで、その複数の第 1 のマーク検出系の位置検出誤差（オフセット等）を検出することができる。このため、その第 1 のマーク検出系を複数個搭載し、これらを効率的に運用して、露光動作と並列にアライメントを行なう場合に、露光開始前に例えばテスト露光によってその複数の第 1 のマーク検出系のそれぞれの位置検出誤差を計測する工程（準備工程）を省略して、準備時間を短縮した上で、それらの第 1 のマーク検出系自体に起因する位置検出誤差の悪影響を除去できるため、高精度に高い生産性で露光を行うことができる。

【0011】この場合、その複数の物体の先頭から所定数の物体（例えば 1 ロットの先頭の基板）を用いて、その第 1 工程においてその複数の第 1 のマーク検出系の位置検出誤差を求めるようにしてもよい。これによって、更に処理を高速化できる。次に、本発明による露光装置は、露光ビームによって複数の物体（W1, W2）を順次露光する露光装置において、それぞれその物体の位置決めを行う複数の可動ステージ（15a, 15b）と、その複数の可動ステージに対応して配置されてそれぞれその物体上のマークの位置を検出する複数の第 1 のマーク検出系（13a, 13b）と、その複数の第 1 のマーク検出系とは異なる位置に配置された第 2 のマーク検出系（5a）と、その第 2 のマーク検出系の検出結果に基づいてその複数の第 1 のマーク検出系の位置検出誤差を求め、この位置検出誤差でその複数の第 1 のマーク検出系の検出結果を補正する演算系（51）とを有するもの

である。斯かる露光装置によって本発明の露光方法を実施できる。

【0012】この場合、その可動ステージに対してその物体の着脱を行うロード部(22a, 22b)を、その複数の可動ステージのそれぞれに対応して複数個設けることが望ましい。これによって、その複数の可動ステージ上の物体の交換を互いに独立に行うことができ、更に処理時間を短縮できる。また、その複数の第1のマーク検出系は、一例として波長が500nm以上の光を用いて被検マークを検出するものである。これによって、露光対象の物体が感光材料が塗布された基板である場合に、その感光材料を感光させることなくアライメントを行うことができる。

【0013】また、マスク(R)を通過した露光ビームを用いてその複数の可動ステージ上の物体を順次露光する共通の投影光学系(PL)を設け、その第2のマーク検出系は、その投影光学系の少なくとも一部を使用することが望ましい。更に、その第2のマーク検出系は、そのマスク上のマーク(31a)とその物体上のマークとをその投影光学系を介して同時に検出することが望ましい。このようにその第2のマーク検出系をTTL(Through The Lens)方式、又はTTR(Through The Reticl e)方式とすることで、その複数の第1のマーク検出系の位置検出誤差を高精度に求めることができる。

【0014】また、その第2のマーク検出系は、その露光ビームと実質的に同一波長の光を用いて被検マークを検出することが望ましい。これによって、投影光学系PLの色収差による誤差の発生を防止できる。但し、別の方式として、マスク(R)を通過した露光ビームを用いてその複数の可動ステージ上の物体を順次露光する共通の投影光学系(PL)を有する場合に、その第2のマーク検出系を、その投影光学系の近傍に配置されて、その投影光学系を介することなく被検マークを検出する検出系(13c)としてもよい。

【0015】次に、本発明のデバイス製造方法は、本発明の露光方法を用いてデバイスパターンをワークピース上に転写する工程を有するものである。本発明によって、各種デバイスを高精度に、かつ高い生産性で量産することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の一例につき図面を参照して説明する。本例は、ダブル・ステージ方式のウエハステージ系を備えたステップ・アンド・スキャン方式(走査露光方式)の投影露光装置を用いて露光を行う場合に本発明を適用したものである。

【0017】図1は、本例の投影露光装置を示す概略構成図であり、この図1において、露光光源1としては、真空紫外域の波長193nmのArFエキシマレーザが使用されている。それ以外に露光光源として、波長157nmのF₂レーザ(フッ素レーザ)、波長146nm

のKr₂レーザ(クリプトンダイマーレーザ)、波長248nmのKrFエキシマレーザ、YAGレーザの高調波発生装置、又は半導体レーザの高調波発生装置等のレーザ光源、又は水銀ランプ等の輝線ランプ等も使用できる。

【0018】露光光源1から射出された露光ビームとしての露光光ILは、整形光学系2、及び照明光学系3を介してマスクとしてのレチクルRのパターン面(下面)を照明する。照明光学系3は、オプティカル・インテグレータ、照明系の開口絞り(σ絞り)、リレーレンズ系、視野絞り、及びコンデンサレンズ系等を備えている。レチクルRを透過した露光光ILは、投影光学系PLを介して例えば1/4~1/5倍程度の縮小倍率で、露光対象の物体又は被露光基板としてのウエハ(wafer)W1(又はW2)上にそのレチクルRのパターンの像を形成する。本例の投影露光装置のウエハステージ系はダブル・ステージ方式であるため(詳細後述)、投影光学系PLの像面側には2枚のウエハW1, W2が互いに独立に移動自在に保持されている。ウエハW1, W2は例えば半導体(シリコン等)又はSOI(silicon on insulator)等の円板状の基板であり、その上にフォトリソスト(感光材料)が塗布されている。

【0019】また、ウエハW1, W2のアライメントを行うために、投影光学系PLをX方向に挟むようにオフ・アクシス方式で画像処理方式の1対のウエハ用のアライメントセンサ13a及び13bが配置されている。第1のマーク検出系としてのアライメントセンサ13a及び13bは、例えばハロゲンランプ等からの波長500nm以上の比較的広い波長域の照明光で被検マークを照射して指標板上にその像を形成し、その像の撮像信号を画像処理して指標マークを基準としてその被検マークの位置を検出するFIA(Field Image Alignment)方式よりなる結像方式のセンサである。

【0020】なお、被検マークが、STI(Shallow Trench Isolation)工程を経た後にCMP(Chemical & Mechanical Polishing)プロセスで平坦化され、その後可視光を透過しない膜(例えばポリシリコン膜)が成膜されているマークである場合には、マーク検出光としては赤外域の波長を用いるようにすることが望ましい。例えば、FIA方式のアライメント系においては、ハロゲンランプと被検マークとの間の光路上に波長選択フィルタを配置して、マークに対して赤外光を照射するように構成することが望ましい。なお、STI, CMP工程を経て、且つ非可視光透過膜がその上に成膜されているマークを検出する場合に、赤外光を使用することは、上述したFIA方式のアライメント系に限られず、他のマーク検出系でも同様である。

【0021】投影光学系PLとしては、屈折系の他に、例えば国際公開(WO) 00/39623号に開示されているように、1本の光軸に沿って複数の屈折レンズと、それぞれ

光軸の近傍に開口を有する２つの凹面鏡とを配置して構成される直筒型の反射屈折系、又は例えば特願２０００－５９２６８に開示されているように、レチクルからウエハに向かう光軸を持つ光学系と、その光軸に対してほぼ直交する光軸を持つ反射屈折系とを有する反射屈折系などを使用することができる。以下、投影光学系ＰＬの光軸ＡＸに平行にＺ軸を取り、Ｚ軸に垂直な平面内で図１の紙面に平行にＸ軸を、図１の紙面に垂直にＹ軸を取って説明する。露光時のレチクルＲ及びウエハＷ１、Ｗ２の走査方向はＹ方向である。

【００２２】 先ず、レチクルＲはレチクルベース８上にＹ方向に走査可能に載置されたレチクルステージ７上に保持されている。レチクルベース８は、不図示のコラムに支持されており、レチクルステージ７の２次元的な位置は、レチクルステージ７上の移動鏡１０（実際にはＸ軸用、Ｙ軸用の２軸分がある。）及びこれに対応して配置されたレーザ干渉計９によって計測され、この計測値が装置全体の動作を統轄制御する主制御系５１に供給され、その計測値及び主制御系５１からの制御情報に基づいて不図示のレチクルステージ制御系がレチクルステージ７の位置及び速度を制御する。レチクルベース８、レチクルステージ７、及びこの駆動機構（不図示）等からレチクルステージ系が構成されている。レチクルステージ系は、気密室としてのレチクルステージ室１１内に収納されている。

【００２３】 一方、ウエハＷ１及びＷ２は、それぞれ不図示のウエハホルダを介して可動ステージ（又は基板ステージ）としてのウエハステージ１５ａ及び１５ｂ上に保持され、ウエハステージ１５ａ及び１５ｂはウエハベース１８上に互いに独立にＹ方向に走査可能に、かつＸ方向、Ｙ方向にステップ移動可能に載置されている。ウエハベース１８は、床上に防振台１９ａ、１９ｂ（実際には３台又は４台が配置されている）を介して設置されている。防振台１９ａ、１９ｂは、一例としてエアダンパと電磁式のアクチュエータ（ボイスコイルモータ等）とを組み合わせて構成されており、エアダンパによって高周波数の振動を遮断し、アクチュエータから低周波数の振動を相殺するための振動を発生させることで、ウエハステージ１５ａ、１５ｂの走査又はステップ移動により生じる振動が投影光学系ＰＬやレチクルステージ系に伝達することが防止される。

【００２４】 ウエハステージ１５ａ、１５ｂは不図示の駆動機構（リニアモータ等）によってＸ方向、Ｙ方向に駆動され、ウエハステージ１５ａ、１５ｂにはそれぞれウエハＷ１、Ｗ２のＺ方向の位置（フォーカス位置）、並びにＸ軸及びＹ軸の回りの傾斜角を制御するＺレベリング機構が組み込まれている。ここで、ウエハステージ１５ａ、１５ｂの位置計測システムにつき図２を参照して説明する。

【００２５】 図２は、図１のウエハステージ１５ａ、１

５ｂを示す平面図であり、この図２において、第１のウエハステージ１５ａの－Ｘ方向の側面及び＋Ｙ方向の側面にそれぞれ移動鏡１７ａｘ及び１７ａｙが固定され、第２のウエハステージ１５ｂの＋Ｘ方向の側面及び＋Ｙ方向の側面にそれぞれ移動鏡１７ｂｘ及び１７ｂｙが固定されている。また、ウエハステージ１５ａの右上部、及びウエハステージ１５ｂの左上部にはそれぞれ複数の基準マークが形成された実質的に同一の基準マーク部材１４ａ、１４ｂが、その表面がウエハＷ１、Ｗ２の表面と同じ高さになるように固定されている。更に、ウエハベース１８をＸ方向に挟むようにＸ軸のレーザ干渉計１６ａｘ及び１６ｂｘが配置され、ウエハベース１８の＋Ｙ方向の側面の中央にＹ軸のレーザ干渉計１６ｃが配置され、このレーザ干渉計１６ｃをＸ方向に挟むようにＹ軸のレーザ干渉計１６ａｙ及び１６ｂｙが配置されている。

【００２６】 本例では、アライメントセンサ１３ａ、１３ｂの検出中心、及び投影光学系ＰＬの露光中心（本例では光軸ＡＸ）はＸ軸に平行な直線上に位置しており、Ｘ軸のレーザ干渉計１６ａｘ、１６ｂｘの光軸は、アライメントセンサ１３ａ、１３ｂの検出中心及び投影光学系ＰＬの光軸ＡＸをＸ方向に通過している。また、Ｙ軸のレーザ干渉計１６ｃ、及びレーザ干渉計１６ａｙ、１６ｂｙの光軸はそれぞれ投影光学系ＰＬの光軸、及びアライメントセンサ１３ａ、１３ｂの検出中心をＹ方向に通過している。そして、第１のウエハステージ１５ａ上のウエハＷ１を露光する際にはウエハステージ１５ａが投影光学系ＰＬの直下側に移動して、ウエハステージ１５ａの位置がレーザ干渉計１６ａｘ、１６ｃによって計測され、第２のウエハステージ１５ｂ上のウエハＷ２を露光する際にはウエハステージ１５ｂが投影光学系ＰＬの直下側に移動して、ウエハステージ１５ｂの位置がレーザ干渉計１６ｂｘ、１６ｃによって計測される。

【００２７】 一方、第１のウエハステージ１５ａ上のウエハＷ１のアライメントを行う場合には、ウエハステージ１５ａはアライメントセンサ１３ａの直下（視野）側に移動して、ウエハステージ１５ａの位置はレーザ干渉計１６ａｘ、１６ａｙによって計測され、第２のウエハステージ１５ｂ上のウエハＷ２のアライメントを行う場合には、ウエハステージ１５ｂはアライメントセンサ１３ｂの直下側に移動して、ウエハステージ１５ｂの位置はレーザ干渉計１６ｂｘ、１６ｂｙによって計測される。これによって、露光時には投影光学系ＰＬの露光中心に対してアッペ誤差（傾き角に対する１次誤差）が生じない状態で、そして、アライメント時にはアライメントセンサ１３ａ、１３ｂの検出中心に対してアッペ誤差が生じない状態で、それぞれウエハステージ１５ａ、１５ｂの位置を高精度に計測することができる。それらのレーザ干渉計１６ａｘ、１６ｂｘ、及び１６ｃ、１６ａｙ、１６ｂｙの計測値は図１の主制御系５１に供給され

ている。

【0028】図1に戻り、上記のレーザ干渉計の計測値、及び主制御系51からの制御情報に基づいて、ウエハステージ制御系（不図示）がウエハステージ15a、15bのX方向、Y方向の位置及び速度を制御する。また、ウエハステージ15a、15bは、それぞれ不図示のオートフォーカスセンサ（斜入射方式で光学式のセンサ）からのウエハW1、W2の表面の複数の計測点でのフォーカス位置（Z方向の位置）の情報に基づいて、露光中にウエハW1、W2の表面が投影光学系PLの像面に合焦されるように、サーボ方式でウエハW1、W2のフォーカス位置及び傾斜角を制御する。

【0029】ウエハベース18、2台のウエハステージ15a、15b、及びこの駆動機構（不図示）等からダブル・ステージ方式のウエハステージ系12が構成され、ウエハステージ系12は、気密室としてのウエハステージ室20内に収納されている。例えばウエハステージ15a上のウエハW1の露光時には、レチクルRのパターン像を投影光学系PLを介してウエハW1上に投影した状態で、レチクルステージ7及びウエハステージ15aを介してレチクルR及びウエハW1を投影倍率を速度比としてY方向に同期して走査する動作と、ウエハW1をステップ移動する動作とがステップ・アンド・スキヤン方式で繰り返されて、ウエハW1上の各ショット領域にレチクルRのパターン像が転写される。同様に他方のウエハステージ15b上のウエハW1に対する露光もステップ・アンド・スキヤン方式で行われる。

【0030】本例では、一方のウエハステージ15a上のウエハW1に対する露光時に、他方のウエハステージ15bではウエハ交換及びウエハのアライメント等を並行して行うことができるため、露光工程のスループットを高めることができる。さて、このようにウエハステージ15a、15b上のウエハW1、W2に対する露光を行う際には、予めウエハW1、W2のアライメントを行っておく必要がある。その際に、ウエハW1、W2上の位置合わせ用のマーク、即ちアライメントマーク（以下、「ウエハマーク」と言う。）の検出は、上記のアライメントセンサ13a、13bによって行われる。アライメントセンサ13a、13bの検出信号（撮像信号）は、アライメント信号処理系52に供給される。

【0031】図3は、第1のウエハステージ15aを示す平面図であり、この図3において、ウエハステージ15a上のウエハW1の表面はX方向、Y方向に所定ピッチで複数のショット領域32に分割され、ショット領域32の間のストリートライン領域36に、各ショット領域32に対応するようにX方向に沿ったライン・アンド・スペースパターンよりなるX軸の1次元のウエハマーク33x、及びウエハマーク33xを90°回転した形状のY軸の1次元のウエハマーク33yが付設されている。ウエハマーク33x、33yは凹凸マーク、又は所

定の反射率分布を持つマークとして形成されているが、1次元マークの他にボックス・イン・ボックスマークのような2次元マークを使用してもよく、そのウエハマークをショット領域32の内部に形成してもよい。

【0032】また、ウエハステージ15a上の基準マーク部材14a上には、アライメントセンサ13a用の2次元の基準マーク35a（一例としてX方向及びY方向のライン・アンド・スペースパターンの組み合わせ）をX方向に挟むように、レチクル用の2次元の枠型の基準マーク34a、34bが形成されている。基準マーク34a、34bと基準マーク35aとの位置関係は、予め高精度に計測されて主制御系51内の記憶部に記憶されている。同様に、図2の第2のウエハステージ15b上の基準マーク部材14b上には、中央の基準マーク35bをX方向に挟むように2つのレチクル用の基準マーク（不図示）が形成されている。

【0033】この構成で、アライメントセンサ13aを用いてウエハW1上のウエハマーク33xを観察すると、その中の指標板には、図4（A）に示すように、指標マーク37xに挟まれるようにウエハマーク33xの像33xPが形成され、これらの像が2次元撮像素子上にリレーされる。図1のアライメント信号処理系52では、アライメントセンサ15aからの検出信号を処理して、指標マーク37xの中心（検出中心）に対するウエハマーク33xのX方向への位置ずれ量を検出し、この検出結果を主制御系51に供給する。同様に、検出中心に対するY軸のウエハマーク33yの位置ずれ量も主制御系51に供給される。

【0034】主制御系51では、アライメントセンサ13aで検出されるウエハマーク33x、33yの位置ずれ量を、レーザ干渉計16ax、16ayで計測されるウエハステージ15aの座標に加算することによって、アライメントセンサ13aの検出中心を基準としたウエハマーク33x、33yの配列座標、ひいてはショット領域32の配列座標を求める。実際には、例えば特公平4-47968号公報で開示されているように、ウエハ上から選択された所定個数のショット領域のウエハマークの座標を計測し、この計測結果を統計処理して全部のショット領域の配列座標を求めるエンハンスド・グローバル・アライメント（EGA）方式でアライメントが行われる。他方のアライメントセンサ13bについても、同様にウエハW2上のウエハマークの位置を検出することができる。

【0035】また、図1において、レチクルステージ室11中のレチクルRの上方には、レチクルR上の位置合わせ用マーク、即ちレチクルのアライメントマーク（以下、「レチクルマーク」と言う。）31a及び31bの位置を検出するために、光路折り曲げ用のミラー6a及び6bを介して、第2のマーク検出系としてのレチクルアライメント顕微鏡（以下、「RA顕微鏡」と言う。）

5 a 及び 5 b が配置されている。レチクルマーク 3 1 a, 3 1 b とレチクル R の原版パターンとの位置関係は、予め高精度に計測されて主制御系 5 1 内の記憶部に記憶されている。RA 顕微鏡 5 a, 5 b はそれぞれ露光光 I L と同じ波長の照明光 I L a, I L b で、TTR (Through The Reticle) 方式で被検マークを検出する画像処理方式 (結像方式) のセンサであり、RA 顕微鏡 5 a, 5 b には露光光源 1 中で分岐された露光光の一部がそれぞれ送光光学系 4 a 及び 4 b を介して供給されている。

【0036】レチクル R のアライメント時には、一例として図 1 のレチクルマーク 3 1 a, 3 1 b の投影光学系 PL による像とほぼ同じ位置にそれぞれ図 3 の基準マーク 3 4 a, 3 4 b が来るように、ウエハステージ 1 5 a の位置決めが行われる。この状態で、一方の RA 顕微鏡 5 a は、露光光 I L と同じ波長の照明光で一方のレチクルマーク 3 1 a を照明すると共に、レチクル R 及び投影光学系 PL を介してウエハステージ 1 5 a 上の基準マーク 3 4 a を照明する。照明光が露光波長であるため、レチクルマーク 3 1 a と基準マーク 3 4 a とは投影光学系 PL に関して互いに共役な面上に配置されており、極めて高い計測精度が得られる。その基準マーク 3 4 a で反射された照明光、及びレチクルマーク 3 1 a で反射された照明光は、RA 顕微鏡 5 a 内の結像光学系を介して基準マーク 3 4 a の像、及びレチクルマーク 3 1 a の像を 2 次元撮像素子上に重ねて形成し、この像の撮像信号がアライメント信号処理系 5 2 に供給される。

【0037】図 4 (B) は、RA 顕微鏡 5 a の視野を示し、この図 4 (B) において、枠状のレチクルマーク 3 1 a の中に小さい枠状の基準マーク 3 4 a の像 3 4 a R が形成されている。図 1 のアライメント信号処理系 5 2 は、その撮像信号を処理してレチクルマーク 3 1 a の像の中心に対する基準マーク 3 4 a の X 方向、Y 方向の位置ずれ量を求める。同様に他方の RA 顕微鏡 5 b の撮像信号をアライメント信号処理系 5 2 で処理することによって、他方のレチクルマーク 3 1 b の像の中心に対する基準マーク 3 4 b の位置ずれ量を求め、これらの位置ずれ量を主制御系 5 1 に供給する。主制御系 5 1 では、2 つの基準マーク 3 4 a, 3 4 b の位置ずれ量から、レチクルマーク 3 1 a, 3 1 b の像の中心に対する基準マーク 3 4 a, 3 4 b の中心の X 方向、Y 方向への位置ずれ量、及び前者のマーク像の中心を結ぶ直線に対する後者のマークの中心を結ぶ直線の傾斜角を求める。そして、求められた位置ずれ量、及び傾斜角が所定の許容範囲内に収まるように、主制御系 5 1 は一例としてレチクルステージ 7 を介してレチクル R の位置及び回転角を調整することで、レチクル R のアライメントが行われる。同様にして、他方のウエハステージ 1 5 b 上の基準マーク部材 1 4 b を用いることによって、レチクル R のアライメントを行うことができる。

【0038】更に本例では RA 顕微鏡 5 a, 5 b は、第 2 のマーク検出系として、後述のように 2 つのアライメントセンサ 1 3 a, 1 3 b の位置検出誤差を求める場合にも使用することができる。更に、図 2 に示すように、ウエハステージ系 1 2 の上部の投影光学系 PL に対して +Y 方向に近接する位置に、アライメントセンサ 1 3 a, 1 3 b と同じくオフ・アクシス方式で結像方式の第 3 のアライメントセンサ 1 3 c が配置され、アライメントセンサ 1 3 c の撮像信号も図 1 のアライメント信号処理系 5 2 に供給されている。この第 3 のアライメントセンサ 1 3 c は、RA 顕微鏡 5 a, 5 b と同様に第 2 のマーク検出系に対応しており、このアライメントセンサ 1 3 c を使用しても、後述のように 2 つのアライメントセンサ 1 3 a, 1 3 b の位置検出誤差を求めることができる。

【0039】更に、本例の露光光 I L は実質的に真空紫外光であるため、露光光源 1 からウエハ W1, W2 までの露光光 I L の光路からは、真空紫外光に対する吸収の強い吸収性ガス (酸素、水蒸気、二酸化炭素、及び有機ガス等) を排除し、代わりに露光光 I L を透過する気体、即ち露光光 I L に対する透過率の高い気体 (以下、「パージガス」と言う。) でその光路を置換する必要がある。そのパージガスとしては、例えば窒素若しくは希ガス (ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン)、又はこれらの混合気体を使用できる。希ガスの中で、ヘリウムは熱伝導率が高く温度安定性に優れ、気圧の変化に対する屈折率の変動量が小さいため、結像特性の安定性等を重視する場合にはパージガスとしてはヘリウムが好ましい。但し、運転コストを低く抑えたいような用途では、パージガスとして窒素を使用してもよい。

【0040】そこで、本例では、整形光学系 2 と照明光学系 3 とが収納されているサブチャンバ (不図示)、レチクルステージ室 1 1、投影光学系 PL、及びウエハステージ室 2 0 よりなる各気密室の内部の気体はそのパージガスによって置換されている。そのパージガスによる置換は、一例として、各気密室の隔壁の一部に排気管及び給気管を接続し、給気管よりそのパージガスを供給し、排気管より内部の気体を流出させるようにしたフロー制御、又はそれらの内部を一度減圧してパージガスを再充填する方式で行うことができる。

【0041】なお、本例のように露光光 I L が ArF エキシマレーザ (波長 193 nm) である場合には、吸収性ガスによる吸収は F₂ レーザ (波長 157 nm) など に比べれば少ないため、ウエハ上での露光光の照度の点からは、露光光 I L の光路の全部に高純度のパージガスを供給する必要性は必ずしもない。しかしながら、本例のようにウエハステージ系 1 2 がダブル・ステージ方式である場合には、レーザ干渉計 1 6 a x, 1 6 b x, 1 6 a y, 1 6 b y, 1 6 c の光路長が増大し、この状態

で計測ビームの光路上の雰囲気気体の密度揺らぎが大きくなると、ウエハステージ15a、15bの位置計測誤差も増大する恐れがある。従って、露光波長が、吸収性ガスによる吸収の比較的少ない波長（例えばKrFエキシマレーザ、又は本例のようにArFエキシマレーザ）の場合でも、ウエハステージ室20を形成し、その中を密度変化に対する屈折率変化の小さなヘリウムよりなるパージガスで置換することで、レーザ干渉計16ax、16bx～16cの計測誤差を小さくして、転写パターンの位置精度の向上を図ることができる。

【0042】また、本例では図2に示すように、ウエハステージ室20に隣接して予備室29が配置され、予備室29内にウエハステージ系12に対してウエハの搬入及び搬出を行うためのウエハローダ系30が配置されている。即ち、ウエハステージ室20のアライメントセンサ13a、13bの近傍に設けられた開口を覆うように、予備室29内に気密室よりなるロードロック室21a、21bが設置され、ロードロック室21a、21bとウエハステージ室20との間には開閉自在のシャッタ27a、27bが配置され、ロードロック室21a、21bと予備室29内の他の空間との間の開口を開閉するためのシャッタ28a、28bも配置されている。シャッタ27a、27bを開ける際には、シャッタ28a、28bが閉じられて、ロードロック室21a、21b中にウエハステージ室20内に供給される気体と同じパージガスが充填されている。なお、露光波長が比較的長く、ウエハW1、W2の近傍の空間をパージガスで置換する必要がない場合には、ロードロック室21a、21b中にもパージガスを供給する必要がないことは言うまでもない。

【0043】また、ロードロック室21a及び21b内にそれぞれウエハステージ15a及び15bとの間でウエハの受け渡しを行うためのロードアーム22a及び22bが配置され、ロードロック室21a、21bの手前に搬送ライン23、及びウエハを収納するウエハカセット26が設置されている。ウエハカセット26は大気環境下に設置されている。また、搬送ライン23に沿ってX方向に移動自在に、ウエハカセット26との間でウエハの受け渡しを行う搬送アーム25が配置され、搬送ライン23上にはロードロック室21a、21bとの間でウエハの受け渡しを行うための搬送アーム24a、24bも配置されている。これらのロードアーム22a、22b、搬送ライン23、搬送アーム24a、24b、25、及びウエハカセット26等からウエハローダ系30が構成されている。

【0044】次に、本例の投影露光装置で1ロットのウエハに対して露光を行う場合の露光シーケンスの一例につき、図5のフローチャートを参照して説明する。先ず、図5のステップ101において、図2に示すように、その1ロット中の先頭（1枚目）のウエハ（ウエハ

W1とする）は、ウエハカセット26より搬送アーム25によって取り出され、搬送アーム24aに渡された後、ロードロック室21aに搬入される。ここで、ウエハ周辺の気体がパージガスで置換された後、ウエハW1はロードアーム22aにより第1のウエハステージ15a上にロードされる。次に2枚めのウエハ（ウエハW2とする）は、ウエハカセット26より搬送アーム25、及び搬送アーム24bを介してロードロック室21bに搬入されて、その周辺の気体がパージガスで置換された後、ロードアーム22bにより第2のウエハステージ15b上にロードされる。

【0045】次のステップ102において、第1のウエハステージ15aを駆動してウエハW1上の所定のショット領域に付設されたウエハマーク33x、33yを順次アライメントセンサ13aの視野内に移動して、それらのウエハマークの位置を計測する。この動作と並行して、アライメントセンサ13bを用いて第2のウエハステージ15b上のウエハW2の所定のウエハマークの位置を計測する。これらの計測値を用いて図1の主制御系51では、ウエハW1上の全部のショット領域の配列座標（アライメントセンサ13aの検出中心を基準とする座標）、及びウエハW2上の全部のショット領域の配列座標（アライメントセンサ13bの検出中心を基準とする座標）を算出し、得られた配列座標を主制御系51内の記憶部に記憶する。

【0046】次に、ステップ103において、アライメントセンサ13a、13bのベースライン量（露光中心と検出中心との間隔）の計測の一部を行う。即ち、ウエハステージ15a、15b上に設けられた基準マーク部材14a、14bの中央の基準マーク35a、35bをそれぞれアライメントセンサ13a、13bの視野内に移動して、アライメントセンサ13a及び13bでそれぞれ基準マーク35a及び35bに対する検出中心の位置ずれ量（ $\Delta X1a$ 、 $\Delta Y1a$ ）、（ $\Delta X1b$ 、 $\Delta Y1b$ ）（位置関係）を検出する。これによって、基準マーク部材14a、14bとウエハW1、W2上の各ショット領域（回路パターン）との位置関係が計測されたことになる。

【0047】次にステップ104において、図1のレチクルステージ7を駆動してレチクルRのレチクルマーク31a、31bをそれぞれRA顕微鏡5a、5bの視野の中心付近に移動してから、第1のウエハステージ15aを駆動して、基準マーク部材14aを投影光学系PLの直下に移動させる。この移動の途中で、ウエハステージ15aのY座標を計測する干渉計が、レーザ干渉計16ayからレーザ干渉計16cに切り替わる。但し、両方のレーザ干渉計16ay、16cが共にウエハステージ15aの位置を計測できない状態（両方の干渉計からの光路上に移動鏡17ayが無い状態）があると、その時点で、ウエハステージ15aのY座標が分からなくな

るため、大まかに位置計測を行うためのリニアエンコーダ等を設けるか、又は移動鏡17ayのX方向の長さを、レーザ干渉計16ayとレーザ干渉計16cとの間隔以上の長さとしておくことが好ましい。

【0048】そして、基準マーク部材14a上の基準マーク34a、34b（図3参照）を上記のレチクルマーク31a、31bの投影光学系PLによる像の位置の近傍に移動させてから、図1のRA顕微鏡5a、5bを用いてレチクルマーク31a、31bの投影像に対する基準マーク34a、34bのX方向、Y方向の位置ずれ量（位置関係）を計測する。なお、上記のレーザ干渉計16ay、16cの切り替えに際しては、多少の位置誤差が生じているが、RA顕微鏡5a、5bでの基準マーク34a、34bの位置検出により、レチクルRのパターンの投影像（レチクルマークの投影像）とウエハステージ15a（基準マーク部材14a）との位置関係は新たに計測されるため、上記の位置誤差は全く問題にならない。

【0049】また、基準マーク部材14a上の基準マーク34a、34bと基準マーク35aとの位置関係は既知であり、上記の計測値からレチクルマーク31a、31bの投影像の中心に対する基準マーク35aの中心のX方向、Y方向の位置ずれ量（ $\Delta X2a$ 、 $\Delta Y2a$ ）を求めることができる。更に、後者の基準マーク35aの位置は既にアライメントセンサ13aによって計測されているため、これによってレチクルRのパターンの投影像と、ウエハW1上の各ショット領域（回路パターン）との位置関係が決定される。本例では、レチクルマーク31a、31bの投影像の中心に対する基準マーク35aの位置ずれ量（ $\Delta X2a$ 、 $\Delta Y2a$ ）に、ステップ103でアライメントセンサ13aによって計測された基準マーク35aに対する検出中心の位置ずれ量（ $\Delta X1a$ 、 $\Delta Y1a$ ）を加算して得られる位置ずれ量が、アライメントセンサ13aのベースライン量（ $BLXa$ 、 $BLYa$ ）となる。即ち、次のようになる。

【0050】

$$BLXa = \Delta X1a + \Delta X2a \quad \cdots (1A)$$

$$BLYa = \Delta Y1a + \Delta Y2a \quad \cdots (1B)$$

そのベースライン量を用いて一例として、上記のアライメントセンサ13aの検出中心を基準とするウエハW1上の各ショット領域の配列座標を、レチクルマーク31a、31bの投影像の中心、ひいてはレチクルRのパターン像の中心（露光中心）を基準とする配列座標に変換することで、ウエハW1のアライメントが完了する。

【0051】そして、ステップ105において、その変換後の配列座標に基づいてウエハステージ15aを駆動しながら、ウエハW1上の各ショット領域にレチクルRのパターンの像を走査露光する。この際に、上記のようにアライメントが行われているため、ウエハW1上の各ショット領域に既に形成されている回路パターンに対し

て、レチクルRのパターンの像はそれぞれ正確に重ね合わせられて転写される。

【0052】次に、ステップ106において、図2の第1のウエハステージ15aを-X方向に待避させて、Y軸のレーザ干渉計16by、16c間の切り替えを行い、第2のウエハステージ15bを投影光学系PLの直下に移動させる。そして、ステップ104、105と同様に、RA顕微鏡5a、5bによってウエハステージ15b上の基準マーク部材14bの所定の基準マークの位置ずれ量を計測し、この計測結果に基づいてアライメントセンサ13bのベースライン量（ $BLXb$ 、 $BLYb$ ）を求める。そして、このベースライン量に基づいてウエハW2上の各ショット領域の配列座標を露光中心を基準とする配列座標に変換し（アライメントの完了）、この変換後の配列座標に基づいてウエハステージ15bを駆動して、ウエハW2の各ショット領域にレチクルRのパターン像を重ね合わせて転写する。

【0053】このようにウエハステージ15bで露光を行っている際に、第1のウエハステージ15aでは、ウエハロード系30を用いてウエハの交換を行い、交換後のウエハの所定のウエハマークをアライメントセンサ13aで計測する。そして、次のステップ107で、露光済みのウエハステージ15bを+X方向に待避させ、ウエハステージ15aを投影光学系PLの直下に移動させて、ベースライン計測、ウエハ上の各ショット領域の配列座標の変換、及びウエハに対する露光を行う。この間に、ウエハステージ15bではウエハ交換、及びアライメントセンサ13bによる位置計測を行い、以下ウエハステージ15a、15b上のウエハに対して交互に露光を行う。これによって、高いスループットが得られる。

【0054】ところで、本例においてウエハ用のアライメントセンサ13a、13b自体に位置検出誤差が残存していると、その検出誤差に起因して微小な位置合わせ誤差（重ね合わせ誤差）が生じて、最終的に製造される半導体デバイス等の歩留りが悪化する恐れがある。即ち、アライメントセンサ13a、13bの光学系中のわずかな収差や調整不良に伴う位置検出誤差が、ウエハ上のウエハマークの深さや反射率の変化、あるいはウエハマークの凸部と凹部との線幅比等の変化に応じて変動すると、ウエハプロセスが変わってウエハマークが変わる毎に、その位置検出誤差も微妙に変動して、位置合わせ誤差が生じることになる。

【0055】特に本例のようにウエハステージ系12の2つのウエハステージ15a、15bに対応させて2つのアライメントセンサ13a、13bを備えている投影露光装置では、その位置検出誤差、ひいては相対誤差を求めるために仮に先頭から2枚のウエハに対してテスト露光を行うとすると、評価用のウエハの現像や計測時間が長くなり、全体としてのスループットをあまり高められない恐れがある。

【0056】そこで、本例では以下のように第2のマーク検出系を用いて短時間に第1のマーク検出系としてのアライメントセンサ13a、13bの位置検出誤差の補正を行うようにしている。先ず第1の例として、上記のRA顕微鏡5a、5bを第2のマーク検出系として使用する。RA顕微鏡5a、5bは、上記のようにウエハステージ15a、15b上の基準マーク部材14a、14bの所定の基準マークと、レチクルR上のレチクルマーク31a、31bとの相対位置関係を計測可能であるため、その基準マークの代わりに、ウエハW1、W2上の所定のウエハマーク33x、33yを使用すれば、レチクルR上のレチクルマーク31a、31bとウエハW1、W2上の各ショット領域の回路パターンとの位置関係を計測可能となる。

【0057】具体的には、図6の位置計測誤差の計測シーケンス中のステップ111において、図2の第1のアライメントセンサ13aを用いて第1のウエハステージ15a上の基準マーク部材14aの基準マーク35aの位置を検出した後、ウエハW1上の或る特定のショット領域に付設されたウエハマーク33x、33yの位置をアライメントセンサ13aで検出し、その基準マーク35aを基準としてそのウエハマーク33x、33yの位置 ξ （X成分、Y成分を含む）を求める。これと並行して、第2のアライメントセンサ13bを用いて第2のウエハステージ15b上の基準マーク部材14bの基準マーク35bを基準として、ウエハW2上の特定のショット領域に付設されたX軸、Y軸のレチクルマークの位置 η （X成分、Y成分を含む）を求める。

【0058】次に、ステップ112において、一方のRA顕微鏡5aを用いて第1のウエハステージ15a上の基準マーク35aの位置（例えばレチクルマーク31aに対する位置ずれ量）を計測し、この計測値、及びこのときのウエハステージ15aの座標を主制御系51で第1の位置として記憶する。次に、ウエハステージ15aを駆動して、ステップ111で計測されたウエハW1上のウエハマークをRA顕微鏡5aの視野内に移動して、RA顕微鏡5aでそのウエハマークの位置（例えばレチクルマーク31aに対する位置ずれ量）を計測し、この計測値、及びこのときのウエハステージ15aの座標を主制御系51で第2の位置として記憶する。主制御系51では、上記の第2の位置から第1の位置を差し引くことによって、基準マーク35aを基準としてその特定のウエハマークの位置 α （X成分、Y成分を含む）を求める。

【0059】次のステップ113において、同様にそのRA顕微鏡5aを用いて、第2のウエハステージ15b上の基準マーク部材14bの基準マーク35b、及びウエハW2上のステップ111で計測された特定のウエハマークの位置を計測することによって、基準マーク35bを基準としてその特定のウエハマークの位置 β （X成

分、Y成分を含む）を求める。このように計測される位置 α 、 β は、RA顕微鏡5aによって計測される基準マーク35a、35bとウエハW1、W2上の特定のウエハマークとの位置関係を表している。

【0060】これらの位置関係（ α 、 β ）は、両方のウエハステージ15a、15bとウエハW1、W2との組について、ステップ111でそれぞれのアライメントセンサ13a、13bで計測されている位置関係（ ξ 、 η ）に対応するが、アライメントセンサ13a、13bで計測された位置関係は、アライメントセンサ13a、13bに起因する位置検出誤差を含んでいる。一方、RA顕微鏡5aで計測された位置関係は、両方のウエハステージ15a、15bに対して共通の顕微鏡で計測されたものであるため、顕微鏡に起因する相対誤差は無い。従って、アライメントセンサ13a、13bで計測された位置関係を、RA顕微鏡5aでの計測結果に基づいて補正することが可能である。

【0061】いま、ウエハステージ15a上のウエハW1について、RA顕微鏡5aで計測された基準マーク35aに対する特定のウエハマークの位置が α であり、ウエハステージ15b上のウエハW2については、RA顕微鏡5aで計測された基準マーク35bに対する特定のウエハマークの位置は β である。なお、両ウエハステージ15a、15bへの両ウエハW1、W2の搭載時の位置ずれにより、この値 α 、 β は一致しない。

【0062】一方、ウエハステージ15a上のウエハW1について、アライメントセンサ13aで計測された基準マーク35aに対する特定のウエハマークの位置が ξ であり、ウエハステージ15b上のウエハW2については、アライメントセンサ13bで計測された基準マーク35bに対する特定のウエハマークの位置が η である。このとき、本来なら $\alpha = \xi$ 、 $\beta = \eta$ になるべきであり、これらの等式からのずれ量が、2本のアライメントセンサ13a、13b間の相対誤差を表わしている。

【0063】そこで、ステップ114において、主制御系51は、次のように位置 α 、 ξ の差分を補正值 $\Delta AS a$ 、位置 β 、 η の差分を補正值 $\Delta AS b$ として求めて記憶する。補正值 $\Delta AS a$ 、 $\Delta AS b$ はそれぞれX成分、Y成分を持っている。

$$\Delta AS a = \alpha - \xi \quad \dots (2A)$$

$$\Delta AS b = \beta - \eta \quad \dots (2B)$$

なお、上記の計測シーケンス中のステップ111の計測動作は、図5の露光シーケンス中のステップ102、103中で実行することができる。また、ステップ112及び113の計測動作は、それぞれ図5のステップ104及び106中の計測工程で実行することができる。この場合、ステップ105の露光開始前、及びステップ106中の露光開始前にそれぞれステップ114を実行し、これによって求められる補正值 $\Delta AS a$ 、 $\Delta AS b$ を用いてウエハW1、W2上の各ショット領域の配列座

標を補正すればよい。

【0064】その後、図5の露光シーケンス中のステップ107において、アライメントセンサ13a、13bを用いてウエハステージ15a、15b上のウエハのウエハマークの位置を検出する際には、主制御系51は、アライメントセンサ13aの位置検出結果に補正值 ΔASa を加えた位置をウエハマークの実際の位置として採用し、アライメントセンサ13bの位置検出結果に補正值 ΔASb を加えた位置をウエハマークの実際の位置として採用する。これによって、アライメントセンサ13a、13b自体に起因する位置検出誤差を補正することができる。

【0065】なお、ウエハW1、W2上に塗布されるフォトリソは、一般的に露光波長の光に対する吸収が大きい。このため、露光波長の照明光を使用するRA顕微鏡5a（又は5b）でのウエハマークの検出には、光量積算のために比較的長い時間を必要とすることになる。但し、2つのアライメントセンサ13a、13b間の相対誤差の再計測は、ウエハマークの形状が変化しない限りは行なう必要が無く、例えば処理するウエハのロットの先頭でのみ、再計測を行なえば十分である。従って、上記光量積算に要する時間はわずかであり、これによる処理能力の低下は問題にはならない。

【0066】また、上記の実施の形態では、同一ロットのウエハ中では、各ウエハステージ15a、15bで露光する2枚目以降のウエハについては、アライメントセンサ13a、13bの位置検出結果に対して、それぞれ先頭のウエハにて求めた上記の補正值 ΔASa 及び ΔASb を加算して露光するだけであるから、処理時間の増加は全くない。

【0067】なお、通常、ウエハ上には、多数のショット領域のそれぞれに対応してウエハマークが形成されており、ウエハのアライメント方式としては、そのうちの8～10個程度のウエハマークの位置を検出し、それを統計処理してウエハ上の各ショット領域の配列座標を決定し、その配列座標に基づいてウエハを位置決めして露光を行なう上記のエンハンスド・グローバル・アライメント（EGA）方式が一般的である。そこで、ステップ111～113におけるアライメントセンサ13a、13b及びRA顕微鏡5a（又は5b）による位置検出も、そのEGA方式を採用することができる。

【0068】この場合、計測した個別のウエハマークのそれぞれの位置検出結果に上記の補正值 ΔASa 及び ΔASb を加え、得られた結果をEGA方式で処理し、この結果に基づいて露光を行なうこともできる。この例では、補正值 ΔASa 及び ΔASb を、計測するウエハマークの数だけ主制御系51の記憶部（例えばRAM）に記憶させておく必要がある。

【0069】或いは個別のウエハマークの検出位置については補正を行わずにEGA方式の処理を行い、EG

A方式で処理した結果の「平均位置」のみを上記の補正值 ΔASa 及び ΔASb で補正する方法もある。この例では、ロット先頭のウエハでの基準マーク35a、35bに対するウエハマークの計測される位置 α 、 β 、 ξ 、 η として、複数のウエハマークの平均位置を採用することになり、補正值 ΔASa 及び ΔASb を、1組だけ記憶しておけば良い。

【0070】以上の例では、第2のマーク検出系として、露光波長の照明光を使用するRA顕微鏡5a（又は5b）を使用した。第2のマーク検出系はこれに限定されるものではなく、他の位置検出系を使用することも勿論可能である。そこで、第2の例では、その第2のマーク検出系として、図2の投影光学系PLの近傍のウエハステージ15a、15bの移動ストローク内に設けられたオフ・アクシス方式の第3のアライメントセンサ13cを使用することができる。この場合には、照明光として露光波長の光を使用する必要がないため、ウエハW1、W2上のフォトリソを露光させる恐れなく、アライメントセンサ13a、13bの位置検出誤差を計測することができる。

【0071】また、別の例として、例えば図1のRA顕微鏡5a、5bの光路の一部（例えばレチクルRと投影光学系PLとの間や投影光学系PLの瞳面）に色収差補正部材を設け、RA顕微鏡5a、5bで露光波長以外の波長の照明光を使用して被検マークを検出するようにして、この非露光波長のRA顕微鏡5a、5bを第2のマーク検出系として使用してもよい。

【0072】また、レチクルR上のレチクルマークを参照することは無いものの、投影光学系PLを介してウエハマーク又は基準マークの位置を検出するTTL（Through The Lens）方式のアライメントセンサを、その第2のマーク検出系として採用することもできる。これは例えば、レチクルRと投影光学系PLとの間に光路折り曲げ用のミラーを配置して、その先の露光光ILの光路外にアライメントセンサを配置するものであり、照明光としては露光波長、非露光波長の双方が使用可能である。

【0073】更に、上記の実施の形態において、第1及び第2のマーク検出系としては、撮像方式のみではなく、回折格子のモアレ縞を利用して強度検出を行う検出方式や、レーザ光のシートビームをスキャンして、被検マークからの散乱光を検出する方式等を採用することも可能である。なお、以上の実施の形態、及びその変形例において、第2のマーク検出系（例えば第3のアライメントセンサ13c）の絶対検出精度が、誤差計測対象の第1のマーク検出系（アライメントセンサ13a、13b）の精度より劣る場合も考えられる。このような場合には、上記の補正值 ΔASa 、 ΔASb として「EGA方式で処理した後の平均値に対する補正值」を採用することが望ましい。また、この補正值の計測精度の向上のために、上記のロット先頭での計測については、ウエハ

上のウエハマークの計測数を通常の露光時より増やし、その計測値の平均化効果を高めることが望ましい。

【0074】或いは、上記の実施の形態の補正方法とは別に、以下の方法で算出した補正值に基づいてアライメントセンサ13a、13b（第1のマーク検出系）の計測値の補正を行なうことも可能である。上記の実施の形態で計測される位置 α 、 β は、ともにRA顕微鏡5a

（第2のマーク検出系）による基準マーク35a、35bを基準としたウエハ上の特定のウエハマークの位置であるが、前述の通り、ウエハステージ15a、15bが異なり、ウエハ装填時の微小な位置ずれもあるため、両者 α 、 β は一致しない。しかし、RA顕微鏡5aで計測された両者の差（ $=\alpha-\beta$ ）は、相対差のない複数のアライメントセンサ13a、13b（第1のマーク検出系）で計測した場合にも同様になるはずである。従って、上記の実施の形態でアライメントセンサ13a、13bによって計測される位置 ξ 、 η の差（ $=\xi-\eta$ ）と、その位置 α 、 β の差（ $=\alpha-\beta$ ）との次式で与えられる残差 δ が、複数のアライメントセンサ13a、13bの相対差であると考えられる。

【0075】

$$(\xi-\eta) - (\alpha-\beta) = \delta \quad \dots (3)$$

従って、各アライメントセンサ13a、13bの計測値に、その残差 δ の半分の値を加算又は減算することにより、2つのアライメントセンサ13a、13bの検出結果の相対差は補正することが可能となる。具体的には、位置 ξ に相当する側のアライメントセンサ13aの検出結果からは $\delta/2$ を減算し、位置 η に相当する側のアライメントセンサ13bの検出結果には $\delta/2$ を加算することになる。このような補正処理により、絶対精度についてはアライメントセンサ13a、13bの検出結果を最大限尊重しつつ、アライメントセンサ13a、13bの相対差のみを効果的に補正することが可能になる。なお、この補正も、EGA方式で処理した後の「平均位置」に対して行なう方が好ましいことは、先の場合と同様である。

【0076】なお、以上の実施の形態では、ウエハステージ15a、15b及びアライメントセンサ13a、13bを、ともに2個装備した投影露光装置の例を示したが、この数は、2個に限定されるものではなく、3個或いは4個のウエハステージ及びアライメントセンサを装備することも可能である。また、基準マーク35a、35bは、以上の実施の形態のように、それぞれ各ウエハステージ15a、15b上に1個ずつ配置するのではなく、多数個配置してその計測結果についても平均化することで、計測精度の一層の向上が可能である。その場合の多数の基準マークは、例えばウエハステージ15a、15bの四隅の各位置に配置すると良い。

【0077】なお、上記の実施の形態の投影露光装置を用いてウエハ上に半導体デバイスを製造する場合、この

半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、このステップに基づいたレチクルを製造するステップ、シリコン材料からウエハを制作するステップ、上記の実施の形態の投影露光装置によりアライメントを行ってレチクルのパターンをウエハに露光するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。

【0078】また、本発明の露光装置の用途としては半導体デバイス製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに形成される液晶表示素子、若しくはプラズマディスプレイ等のディスプレイ装置用の露光装置や、撮像素子（CCD等）、マイクロマシン、薄膜磁気ヘッド、及びDNAチップ等の各種デバイスを製造するための露光装置にも広く適用できる。更に、本発明は、各種デバイスのマスクパターンが形成されたマスク（フォトリソグラフィ工程を用いて製造する際の、露光工程（露光装置）にも適用することができる。

【0079】なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【0080】

【発明の効果】本発明によれば、処理能力（スループット）向上のために、可動ステージ及びマーク検出系（アライメントセンサ）を複数個備えた場合に、複数のマーク検出系のそれぞれについてテスト露光を行うことなく、その複数のマーク検出系間に存在する相対的位置検出誤差を補正できる。従って、従来のマーク検出系を1個しか装備しない露光装置でテスト露光を行う場合と同等の扱い易さを実現できる。更に、可動ステージ及びマーク検出系を複数個備え、それらの並列動作が可能であるので、処理能力の大幅な向上が達成される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態の一例の投影露光装置を示す一部を切り欠いた構成図である。

【図2】 図1の投影露光装置のウエハステージ系12及びウエハローダ系30を示す一部を切り欠いた構成図である。

【図3】 図1のウエハステージ15a上のウエハW1のウエハマーク、及び基準マーク部材14aの基準マークを示す平面図である。

【図4】 (A)はウエハマークの位置を計測する際の視野を一例を示す拡大図、(B)は基準マークの位置を計測する際の視野の一例を示す拡大図である。

【図5】 その実施の形態の露光シーケンスの一例を示すフローチャートである。

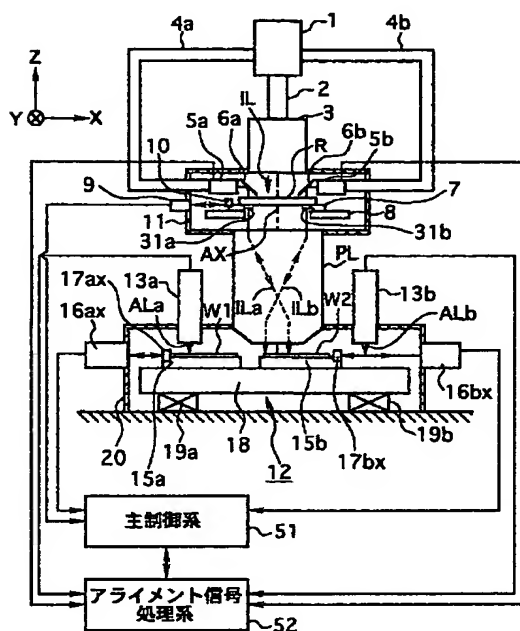
【図6】 その実施の形態においてアライメントセンサ13a、13bの位置計測誤差を計測するシーケンスの一例を示すフローチャートである。

【符号の説明】

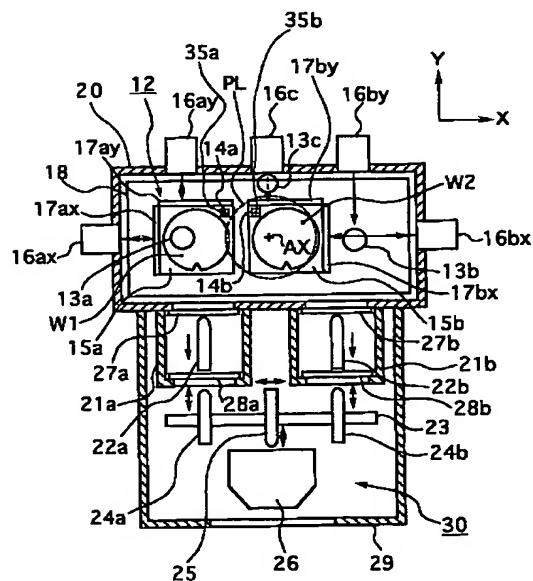
R…レチクル、PL…投影光学系、W1、W2…ウエハ、5a、5b…RA顕微鏡（レチクルアライメント顕微鏡）、7…レチクルステージ、12…ウエハステージ系、13a、13b…アライメントセンサ、14a、1

4b…基準マーク部材、15a、15b…ウエハステージ、30…ウエハローダ系、31a、31b…レチクルマーク、33x、33y…ウエハマーク、34a、34b…基準マーク、35a、35b…基準マーク、51…主制御系

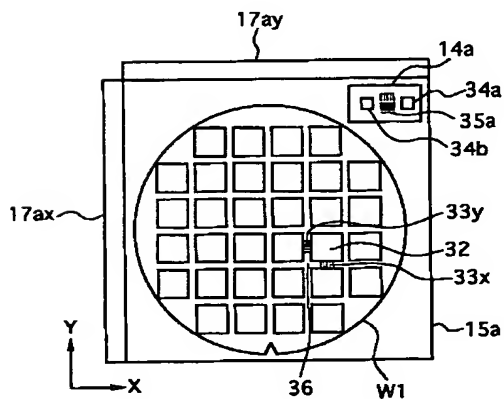
【図1】



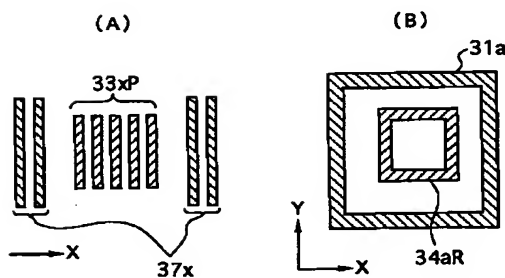
【図2】



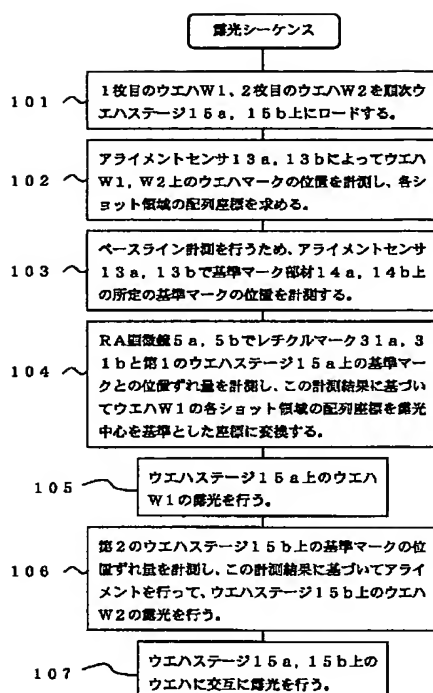
【図3】



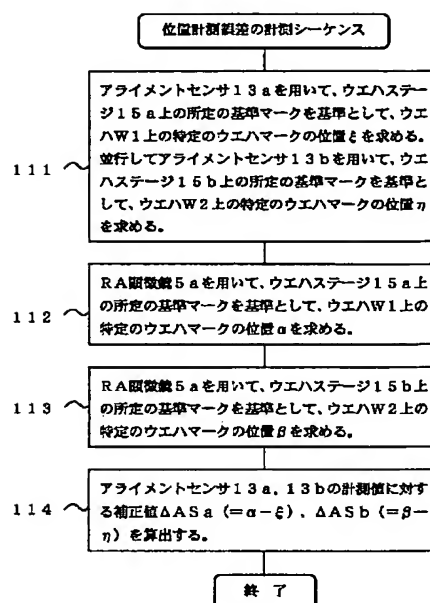
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F031 CA01 CA02 CA05 CA07 CA09
 FA01 FA07 GA02 HA53 HA55
 HA57 JA01 JA02 JA04 JA06
 JA07 JA14 JA17 JA22 JA27
 JA32 JA38 JA51 KA06 KA07
 LA08 MA13 MA27 NA01 NA07
 5F046 FC04 FC05